

УДК.544.032.6; 578.087

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ І ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ХЛОРИДУ НАТРІЮ ПРИ ДІЇ ВВЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ НЕТЕПЛОВОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

Лошицький П.П., Мамаєв В.Н.

*Національний технічний університет України (Київський політехнічний інститут),**pepel@phbme.ntu-kpi.kiev.ua**Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАНУ**Klim_46@mail.ru*

Досліджено дію стохастичних електромагнітних випромінювань діапазону 57 - 68 ГГц нетеплової інтенсивності з інтегральною щільністю потужності 10^{-9} мВт/см² на розчини хлориду натрію різної концентрації і часу опромінювання. Показано, що 0,9% розчин NaCl (аналог фізіологічного) найбільш чутливий до дії ВВЧ- випромінювання.

Ключові слова: хлорид натрію, водні структури, кластери, диференціальна температура.

ВСТУП. Вода є основою складових більшості живих біологічних об'єктів і визначає функціональні властивості білкових систем, має цілий ряд фізико-хімічних властивостей, які до сьогодні не вдається теоретично проаналізувати. Через недостатнє теоретичне і експериментальне вивчення властивостей води багато біологічних і біофізичних ефектів не знайшли свого пояснення і застосування. Молекули води мають великий дипольний момент, який приводить до того, що вони в рідкому стані взаємодіють одна з одною, утворюючи зв'язані структури. В роботах [1-4] показано, що дія фізичних чинників нетеплової інтенсивності на біологічні об'єкти пов'язана з накопиченням енергій одиничних впливів (фотонів), що мають енергію значно нижчу за енергію теплових коливань при кімнатній температурі (наприклад, для фотона енергія випромінювання частотою 60 ГГц), на структурах води. Таке накопичення енергії можливе у зв'язку з тим, що час релаксації великих водних структур - кластерів незрівнянно більший, ніж час релаксації окремої молекули води. Накопичення енергії здійснюється дотих, поки накопичена енергія не перевищить енергію зв'язку кластера, після чого кластер розпадається. При розпаді кластера виникають зсувові напруження, характерні для "хімічного" тертя полімерів. Механічне тертя викликає розрив не тільки слабких водневих зв'язків, але і сильних - внутрішньомолекулярних, що приводить до утворення водних радикалів, аналогічних тим, що виникають при радіолізі води [2]. Таким чином, основна відмінність дії фізичних чинників нетеплової інтенсивності полягає у відмінності процесу передачі енергії водній структурі.

Водні розчини хлориду натрію є однією з найбільш вивчених систем з погляду термодинамічних і діелектричних властивостей. Тому дані розчини можуть служити моделлю для вивчення впливу на них зовнішніх фізичних чинників, зокрема, випромінювання вкрай високих частот (ВВЧ) нетеплової інтенсивності.

Водні розчини NaCl належать до сильних електролітів і описуються теорією Дебая-Хюккеля, яка впливає з положення про повну дисоціацію сильних електролітів на іони і враховує сукупність взаємодії кожного іона зі всіма іншими, що його оточують. Для врахування впливу розчинника в теорію введено поняття макроскопічної діелектричної сталої [5].

Дана теорія, яка побудована на допущенні відсутності розмірів іона і розглядає розчинник як безструктурне середовище з середньою величиною діелектричної сталої, не може описувати мікроструктуру водних розчинів електролітів, а також пояснити ряд властивостей розчинів, зокрема, різке зменшення коефіцієнта дифузії NaCl у водних розчинах малої концентрації [6], який, швидше за все, пов'язаний із структурними змінами розчину. Наведені в літературі результати можуть бути пов'язані з використанням капілярного методу вимірювання, при якому є значні пристінкові шари рідини, що утруднювало визначення електричних характеристик розчинів настільки малої концентрації.

Метою даної роботи є дослідження змін властивостей води і водних розчинів хлориду натрію різних концентрацій при дії ВВЧ-випромінювання нетеплової інтенсивності за допомогою нової методики, що

© Лошицький П.П., Мамаєв В.Н.

дозволяє визначати флуктуації диференціальної температури рідини [7].

Основна частина. Для досліджень як зразки використовували реактиви з чистотою не менше 99% і дистильовану воду з хімічною чистотою не менше 99,9%. Розчини необхідної концентрації готували шляхом розчинення певної кількості NaCl в деякому фіксованому об'ємі дистильованої води. Масова концентрація солі в розчині C визначалася за формулою:

$$C = \frac{M_c}{M_p} \cdot 100\%$$

де $M_p = M_b + M_c$ - маса розчину, M_b і M_c - маса води і безводної солі, виміряні шляхом зважування на аналітичних вагах з точністю до 0,001 г.

Як критерій впливу ВВЧ на розчини вибрана дисперсія шуму диференціальної температури між контрольним і досліджуваним зразками. Тому всі описані нижче експерименти проводилися за методикою: досліджуваний розчин ділиться на дві ємності однакового об'єму - дві пробірки, тобто на контрольний зразок, на який дія не чиниться, і на досліджуваний зразок, що піддається дії ВВЧ. Далі пробірки поміщають в стійку з пінопласту, щоб виключити конвективний обмін з зовнішнім середовищем, висота стійки складає приблизно половину висоти пробірок, тому об'єм розчину вибирається так, щоб його рівень в пробірці не перевищував висоту стійки. Так, при об'ємі пробірки 20 мл об'єм розчину склав 10 мл. Отвори в пінопласті зроблені таким чином, що товщина пінопласту, що відділяє пробірку від зовнішнього середовища з лицьової сторони і з тильної сторони стійки, складає близько 6 мм. Відстань між отворами під пробірки в стійці вибрана так, щоб виключити попадання в ділянку діаграми спрямованості апарату ВВЧ контрольної пробірки, і складає 170 мм між центрами пробірок. Кожну пробірку закривають пробкою з пінопласту для виключення впливу зовнішнього середовища завтовшки порядку 10 мм з отворами діаметром 1 мм, через які просунуті виводи термопар так, щоб їх глибина занурення в розчин була однаковою для обох пробірок. Позитивний спай термопар знаходиться в пробірці, на яку виявляється дія, а негативний - у контрольній. З метою захисту від електричних перешкод вся стійка з пробірками поміщається в металевий ящик без верхньої кришки, який заземляється окремо від комп'ютера.

Як джерело ВВЧ-випромінювання використовували апарат "Ораторія-IVM"- широкопasmовий генератор електромагнітних шумів вкрай високої частоти. Його технічні характеристики:

- робоча смуга частот - 57-68 ГГц;

- спектральна щільність потужності шуму - 10^{-18} Вт/Гц;

- інтегральна потужність - 10^{-9} Вт/см²;

- модуляція сигналу - амплітудна з випадковою частотою 6-18 Гц.

Наявність випадкової модуляції в діапазоні частот 6-18 Гц дозволяє зменшити час дії і, крім того, значно підвищити повторюваність і відтворюваність результатів.

Під час проведення експерименту головка випромінювача ВВЧ-апарата знаходиться напроти пробірки з досліджуваним розчином, на підставці в оцинкованому металевому ящику, де і сама стійка, впритул прилягаючи до лицьової сторони стійки. Контрольна пробірка не опромінюється. Головка випромінювача апарата ВВЧ, за винятком робочої частини, обмотана оплетенням і заземлена з метою зменшення впливу перешкод на результат вимірювання. Після кожного експерименту розчин виливали, і пробірки мили дистильованою водою.

Диференціальний датчик температури виконаний у вигляді диференціальної термопар на основі мідь-константан. Всі з'єднання виконані з урахуванням впливу зовнішньої дії на перехідні контакти і сполучні дроти для зменшення термоЕДС перешкоди.

У вимірювальній системі, що забезпечує введення значень диференціальної температури в ЕОМ, як критерій точності вимірювального тракту вибрана середньоквадратична похибка. Процес вимірювання реалізований ітеративним способом за таким алгоритмом: відбувається багатократне знімання інформації з датчика диференціальної температури доти, поки не буде досягнуто виконання умови $\Delta x < \epsilon$ або $N > N_{\max}$, де Δx - відхилення середньоквадратичного середнього, яке розраховується таким чином:

$$\Delta x_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N \cdot (N-1)}}$$

де N - розмір вибірки, а ϵ - задана абсолютна погрішність вимірювання. За виміряне

$$\text{значення береться середнє } \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Враховуючи швидку дію 12-розрядного АЦП, а також розмір вибірки в декілька тисяч для досягнення абсолютної погрішності вимірювання в $0,03^{\circ}\text{C}$, система забезпечує знімання інформації з періодичністю 1-2 секунди.

Вимірювальна система дозволяє за рахунок статистичної обробки результатів вимірювання виключити випадкові складові погрішності. Це досягається:

- вибором тривалості і граничних значень часу опиту даного каналу, виходячи із заданої погрішності залежно від рівня зовнішніх перешкод;

- визначенням в заданому тимчасовому інтервалі мінімуму середньоквадратичного відхилення середнього значення вимірюваного сигналу;

- введенням калібрувального сигналу, що дозволяє визначити дійсне значення коефіцієнта передачі всього вимірювального тракту.

Програмне забезпечення виконує такі функції.

- Введення диференціальної температури в комп'ютер з погрішністю не більше $0,03^{\circ}\text{C}$ і з частотою 1-3 с (залежно від рівня перешкод) і її відображення в реальному масштабі часу в числовій і графічній формах.

- Нанесення заміток і коментарів під час проведення запису (експерименту).

- Звукові нагадування через заданий інтервал часу для можливої зміни умов експерименту.

- Збереження записів диференціальної температури на жорсткому диску.

- Завантаження і відображення раніше збережених записів.

- Виділення фрагмента запису і його масштабування за амплітудою і часом з метою детальнішого вивчення.

- Накладання двох і більше кривих (до 6 записів) з метою їх порівняльного аналізу, у тому числі і можливість їх відносного зсуву за амплітудою і за віссю часу для суміщення.

- Експорт записів і їх фрагментів, що відображаються, у файли зображень формату bmp або документ Microsoft Word.

- Розрахунок дисперсії і математичного очікування шуму на виділених фрагментах запису або всього запису, а також графічне відображення шуму і згладженої кривої виділеного фрагмента запису.

- Розрахунок і відображення поточної фази Місяця на момент запису.

До проведення експериментів з дією ВВЧ на воду і водні розчини необхідно було провести експерименти з власних шумів АЦП, підсилювачів, сполучних дротів і перехідних контактів. Для перевірки впливу АЦП блок узгодження датчиків з АЦП був вимкнений. Записувалася температура за методикою проведення експерименту, яка використовувалася при дослідженні впливу ВВЧ на воду і водні розчини.

Для оцінки впливу вимірювальної системи записувалася температура при працюючому АЦП і блоці узгодження датчиків. Далі для визначення рівня шумів вимірювальної системи, з включеними диференціальними датчиками температури, записи проводилися при поміщенні обох спаїв в пінопласт. В іншому випадку обидва спаї було поміщено в одну пробірку з дистильованою водою.

На рис. 1 представлені криві дисперсії шумів системи для всіх описаних вище записів.

З аналізу дисперсії шуму випливає, що власні шуми вимірювальної системи спільно з диференціальними

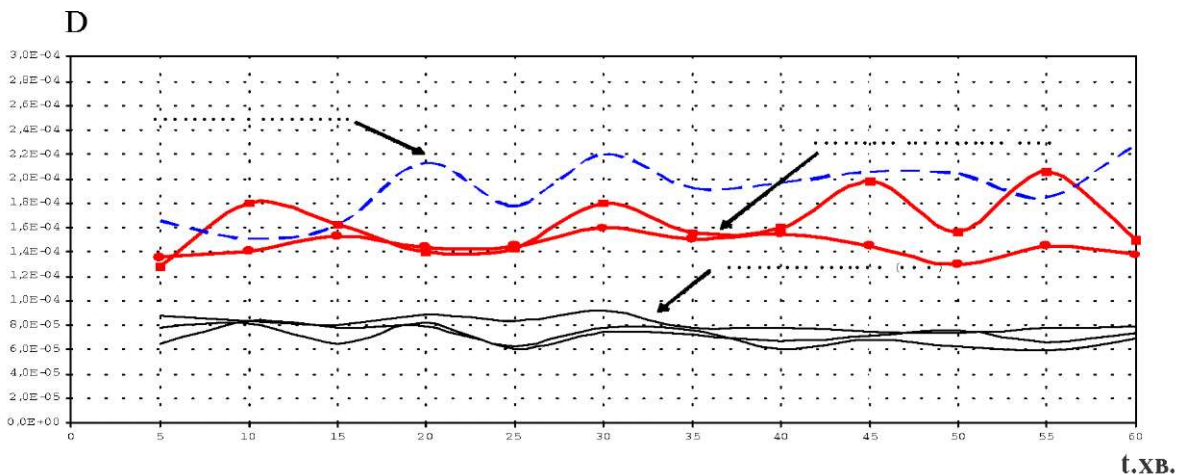


Рис. 1. Дисперсія шуму в: 1 - пінопласті, 2 - розчині, 3- вимірювальній системі.

датчиками температури на півпорядку нижчі дисперсії шуму води для випадку, коли датчики розташовані в різних пробірках.

Результати експериментів. Для визначення концентрації NaCl в дистильованій воді, найчутливіший до дії ВВЧ, були проведені експерименти над розчинами з концентрацією 0% (дистильована вода), 0,5%,

0,9% (аналог фізіологічного розчину), 1%, 2%, 3%, 4%, 5%. Кожний експеримент в цій серії включає 3 етапи - 10 хвилин без впливу (контроль), 10 хвилин під впливом ВВЧ і 10 хвилин після впливу для оцінки наслідків впливу ВВЧ. Результати обробки запису диференціальної температури представлені на рис. 2 у вигляді дисперсії шумів температури.

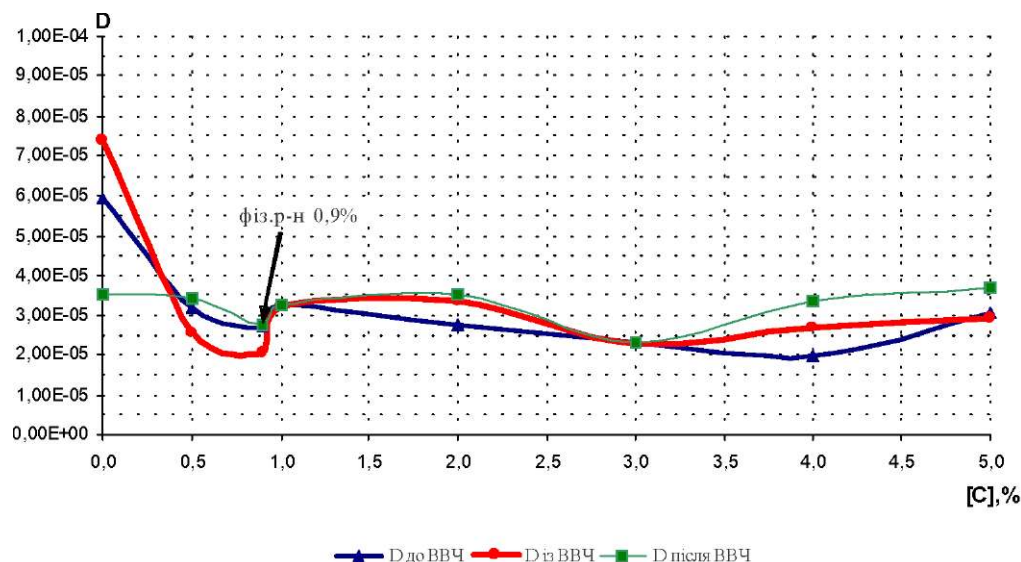


Рис. 2. Дисперсія шуму в розчинах NaCl

Аналіз кривих дисперсії шуму показав, що найбільша зміна дисперсії шуму припадає на NaCl 0,9% (аналог фізіологічного розчину).

Для дослідження впливу ВВЧ-випромінювання при різному часі впливу на розчин NaCl 0,9% були проведені експерименти за такою схемою: 10 хвилин до дії, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30 хвилин впливу ВВЧ і 10 хвилин після дії ВВЧ. Як критерій оцінки впливу вибиралося середнє арифметичне дисперсії диференціальної температури по 5-хвилинних інтервалах. Враховуючи, що

дисперсія залежить від вибірки, для виключення відмінності результатів обробки, пов'язаних з різним розміром вибірки, використовувався такий підхід: кожний етап - до впливу, під час впливу і після впливу розділили на 5-хвилинні фрагменти, за якими розраховували дисперсію, а потім одержані результати узагальнювали як середнє арифметичне. Результати обробки дисперсії шуму представлені на рис. 3-4.

Як видно з представлених графіків кривих дисперсії шуму диференціальної температури, в одному випад-



Рис.3. Дисперсія шуму в розчині NaCl з максимальним значенням дисперсії на 15-й хвилині опромінення.

ку (рис.4) максимальне значення досягається на 20 хвилині з початку дії ВВЧ-випромінювання, а в іншому випадку (рис.3) - на 15 хвилині впливу.

Для зменшення впливу зовнішніх чинників на результат оцінки дисперсії шуму було проведено 9 експериментів з дії ВВЧ на дистильовану воду. Запис проводили за такою схемою: 40 хвилин до дії ВВЧ, 40 хвилин дії ВВЧ і 180 хвилин після дії ВВЧ. 40-

хвилинний інтервал був вибраний з оцінки попередніх експериментів, з яких виходило, що дисперсія шуму змінювалася при дії ВВЧ через 15 або 20 хвилин після початку впливу, а 180-хвилинний інтервал було вибрано з міркувань оцінки поведінки дисперсії шуму після впливу на воду. Приклад запису диференціальної температури в дистильованій воді представлений на рис.5.

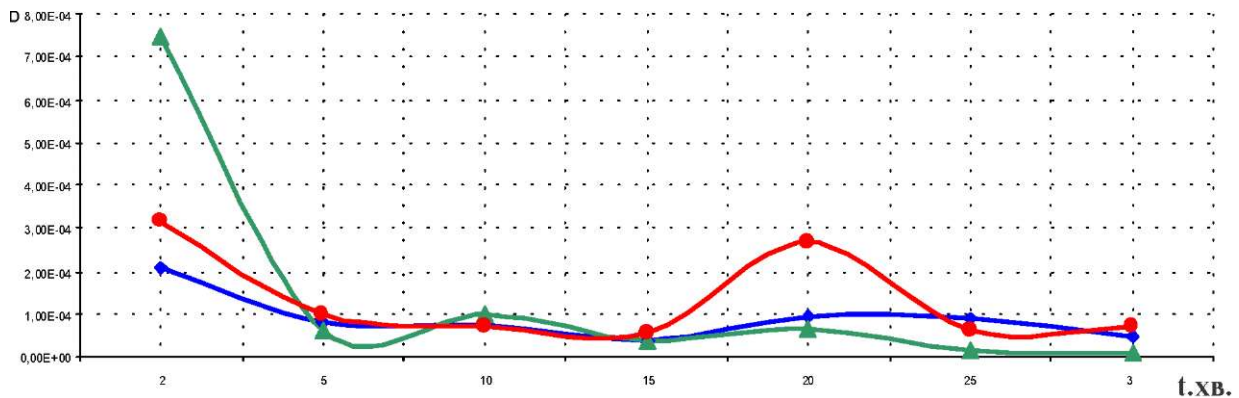


Рис 4. Дисперсія шуму в розчин NaCl з максимальним значенням дисперсії на 20-й хвилині опромінення.

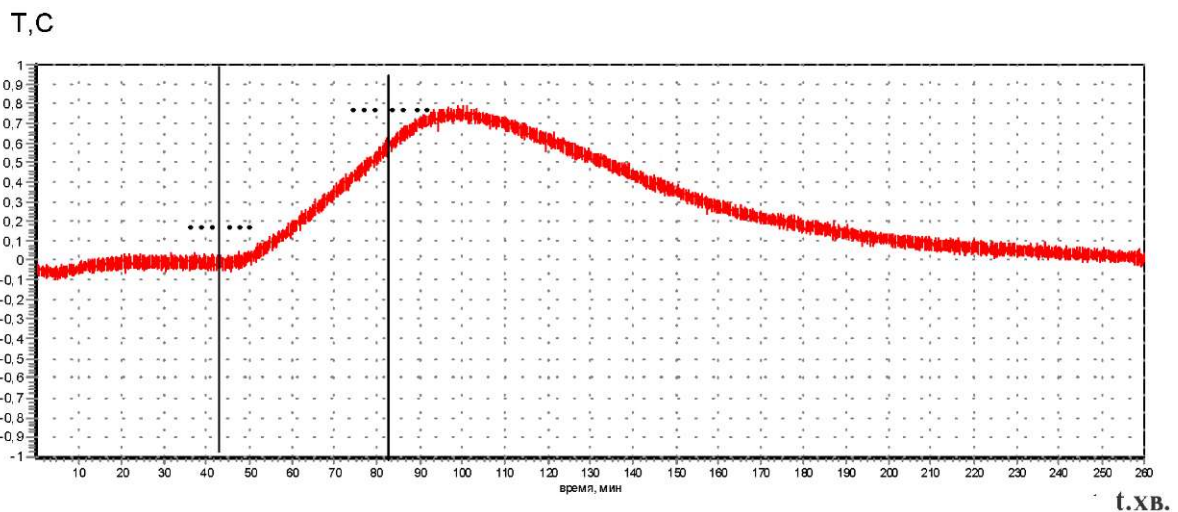


Рис. 5. Приклад запису диференціальної температури в розчині NaCl 0,9% тривалістю 260 хв.: 40 хвилин до впливу, 40 хвилин підчас впливу і 180 хвилин після впливу ВВЧ.

Далі всі результати вимірювання температури були підсумовані і побудована усереднена крива за 9-ма записами. Дисперсія шуму за усередненою кривою представлена на рис. 6.

Експерименти з розчином NaCl 0,9% проводилися з різними часовими інтервалами після дії ВВЧ-випромінювання. В першому випадку запис проводився так само, як для дистильованої води, тобто 40-40-180 хв. На рис.7 представлена дисперсія шуму за 20-ма записами. В другому випадку інтервал після дії ВВЧ дорівнював 1000 хв, для оцінки динаміки дисперсії шуму, з метою визначення інтервалу часу, при якому зберігається пам'ять інформації, переданої розчину після впливу ВВЧ-випромінювання нетеплової інтенсивності. Аналіз динаміки дисперсії шуму показав, що після закінчення більше 13 годин після опромінювання ВВЧ дисперсія шуму не змінюється. Можна припустити, що «пам'ять» розчину NaCl 0,9% (як і дистильованої води) перевищує цей часовий інтервал. Тому

для вивчення динаміки «пам'яті» води необхідні тривалі записи, що підтверджується роботами деяких авторів [8, 9], що стверджують, що пам'ять води після опромінювання ВВЧ може складати від декількох діб до декількох місяців. З аналізу кривих дисперсії шуму випливає, що дисперсія шуму під час дії ВВЧ-випромінювання досягає максимального значення, а після дії дисперсія шуму менша, ніж до дії.

Обговорення результатів експериментів.

Структура водних розчинів електролітів описується різними моделями. Найправдоподібнішою здається модель Френка-Еванса, яка передбачає існування трьох концентричних зон навколо частинок розчину. В першій зоні в результаті дії іона диполі води орієнтовані таким чином, що створюють досить міцну оболонку навколо іона. Зовнішня зона є ділянкою, де структура нормальної води повністю зберігається, а вплив іона має характер діелектричної поляризації. Між цими зонами існує проміжна, де структура води

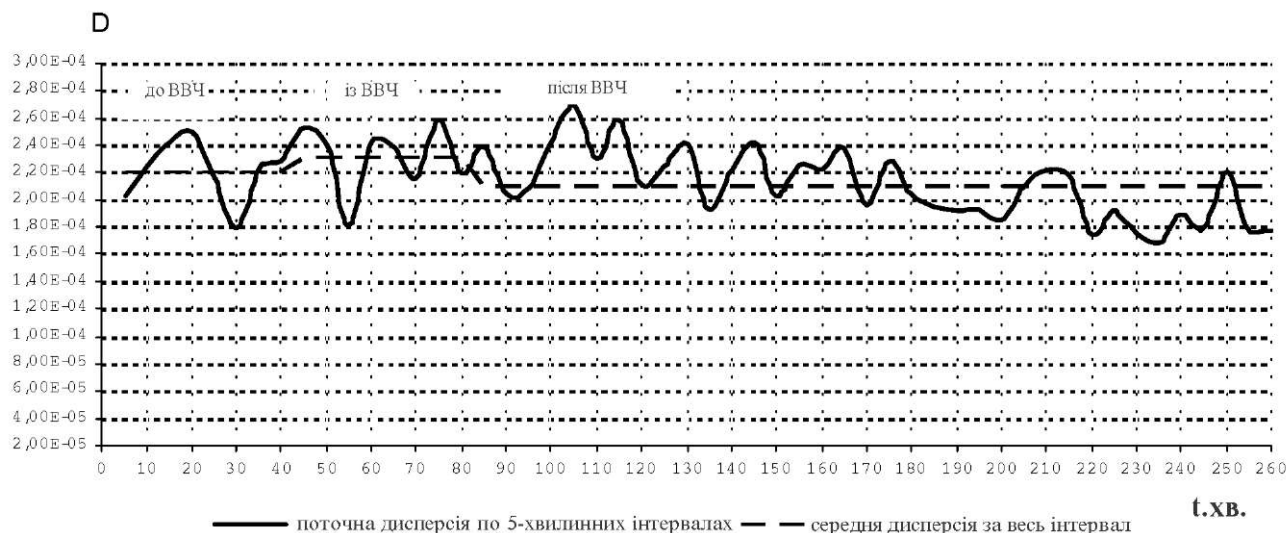


Рис.6. Дисперсія шуму в розчині NaCl 0,9% із часом запису 40-40-180 хв.

Усереднена дисперсія шуму в 0,9% розчині NaCl за 20-ма записами

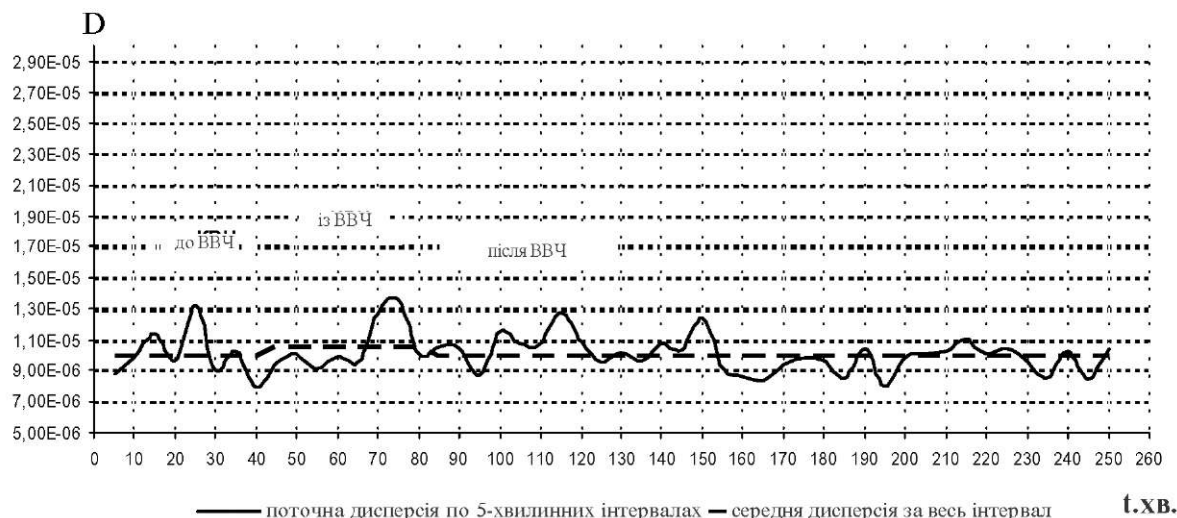


Рис.7. Дисперсія шуму в розчині NaCl 0,9% за 20 вимірюваннями

порушена конкурентною боротьбою двох крайніх зон. Їх вплив взаємно протилежний. Іони, залежно від знаку заряду, намагаються орієнтувати диполі води відповідним чином. А зона нормальної структури діє на проміжну зону, прагнучи зберегти тетраедричну структуру [10].

Структуру водних розчинів NaCl вивчали за допомогою досліджень діелектричних характеристик і випромінювальних спектрів в широкому діапазоні довжин хвиль від 10 мкм до 10 см [11-14]. В цих дослідженнях не було виявлено ніяких особливостей на малих концентраціях, зокрема відповідних фізіологічному розчину, який є 0,9% розчином NaCl в дистильованій воді, ізотонічний відносно клітин людини. При масових концентраціях 4,7% і 21,7% спосте-

рігалися особливості, які трактувалися як сукупність окремих фаз водно-сольового розчину [11].

Оптимізована модельгідраторозділеної іонної пари хлориду натрію розглянута в роботі [15]. В даній моделі довжини зв'язків (нм) такі:

Cl - - H (H₂O) - 0,222
O - H - 0,099
O... H - 0,155
O (H₂O)...O (H₂O) - 0,254
Na⁺ - Cl- - 0,585

Це означає, що в ближній зоні іонів знаходяться по п'ять молекул води, орієнтованих відповідно до знаків іонів. В сфері радіусом $R = 0.5 \cdot [0,585 + 0,211 + 0,222] = 0,509$ нм розміщені ближня і проміжна

зони. Таким чином, нормальна вода оточує гідрато-розділену іонну пару розчину хлориду натрію поверхнею радіуса R . Гексагональну плоску сітку, якою є структура льодоподібного каркасу води, можна перетворити в поверхню сфери або точніше "ікосаедра" будь-якого діаметра, замінивши в ній за певним мотивом дванадцять гексагональних вузлів на вузли з п'ятірною координацією (пентамери) [16]. Враховуючи, що поверхня, яку займає система з шести молекул води $S_6 = A^2 \cdot 2,598$, а з п'яти молекул - $S_5 = A^2 \cdot 1,785$, ($A = 0.254$ нм), то по відомому радіусу сфери R легко визначається кількість молекул, необхідна для створення даної сфери. Оцінка кількості молекул води, що знаходяться в другій проміжній зоні, проводиться шляхом обліку різниці об'ємів гідрато-розділеної іонної пари і сфери, що її описує. Для однієї іонної пари $Na^+ \cdot Cl^-$ за такими оцінками необхідно 352 - 358 молекул води. Наявність верхнього і нижнього значень пов'язана з тим, що не враховується правильність збору молекул води і наявність дефектів Б'єррума. В роботі [16] показано, що молекули води утворюють фрактально-кластерну структуру. Причому ступені порядку ідеальних алмазоподібних фракталів визначаються псевдоперіодами стрижнів триплетів. Кластер першого ступеня першого порядку містить 356 молекул води.

Таким чином, на одну молекулу $NaCl$ в розчині (одну іонну пару) для "ідеальної" структури розчину необхідно 356 молекул води або в термінах масової концентрації це відповідає 0,9% розчину $NaCl$ у воді, тобто аналогу фізіологічного розчину.

2. Для класичних (не квантових) величин вірогідність ω такої величини χ мати значення в інтервалі між χ і $\chi + d\chi$ пропорційна $e^{S(\chi)}$ де $-S(\chi)$ - ентропія, що формально розглядається як функція точного значення χ , тобто маємо:

$$\omega(\chi) = const \cdot S(\chi)$$

$$\text{або } \omega(\chi) = const \cdot e^{\frac{R_{min}}{T_0}}$$

де R_{min} - мінімальна робота, необхідна для того, щоб оборотним чином провести задану зміну термодинамічних величин даної малої частини тіла (по відношенню до якої решта частин тіла виконує роль "середища") [17].

Таким чином, найбільше впорядкована структура - структура, що має мінімальну кількість напружених зв'язків, володітиме мінімальною величиною флуктуацій. Тобто для структури, яка формується при масовій концентрації 0,9 % $NaCl$ у воді, величина флуктуацій і їх дисперсія будуть мінімальними. При

зміні співвідношення кількості молекул води і $NaCl$ (концентрація більше 0,9% $NaCl$) величина флуктуацій різко збільшується.

При дії на фізіологічний (впорядкований) розчин зовнішнього фізичного чинника, зокрема, ВВЧ-випромінювання нетеплової інтенсивності, відбуваються процеси прискорення об'єднання диполів води в кластери - накопичення енергії кластером - розрив кластера [2]. Впорядкована структура розчину піддається збуренням, які значно збільшують флуктуації. Після дії фізичним чинником малої інтенсивності (що механічно не руйнує структури) флуктуації всієї системи водних оболонок іонних пар оптимальної структури дещо зменшуються, порівняно з флуктуаціями до дії, що пов'язано з більш рівномірним розподілом даних структур одна щодо одної (процес "утруски" зовнішнім збудженням) (рис. 3 і рис.4).

Якщо структура розчину не устоялась (збовтування рідини, перехідні процеси в пристінковому шарі), то і без дії фізичним чинником дисперсія велика (рис.4). При дії ВВЧ-випромінювання на такий розчин максимум дисперсії спостерігається при часі дії 20 хвилин. Коли використовується фізіологічний розчин із структурою, що вже сформувалася, і величина дисперсії шуму температури без дії мала (рис.3), то при дії ВВЧ-випромінюванням максимум дисперсії досягається при 15 хвилинах опромінювання, тобто за наявності структури немає необхідності витрачати енергію (час опромінювання) на її формування.

ВИСНОВКИ. Дослідження водних розчинів $NaCl$ різної концентрації показало, що найчутливішим до зовнішніх фізичних впливів є розчин, концентрація $NaCl$ якого складає 0,9%, що відповідає аналогу фізіологічного розчину і концентрації $NaCl$ в крові людини.

Концентрація 0,9% $NaCl$ у воді відповідає такій кількості молекул води, що створюють гідратні ближню, проміжну і дальню оболонки навколо іонної пари хлориду натрію, яка відповідає структурі фрактального кластера першого ступеня першого порядку, що має симетрію подібності атомному кластеру води.

При концентрації більше 0,9% в розчині не вистачатиме молекул води для створення дальньої, а при подальшому збільшенні концентрації хлориду натрію - і проміжної гідратних зон навколо іонної пари речовини, що розчиняється, що призведе до зміни властивостей розчину.

Гідратні оболонки води є динамічними структурами, в яких відбуваються обміни, заміщення молекул води, проте теплові рухи молекул води не руйнують дану динамічну структуру протягом довгого часу ("пам'ять" води).

При дії ВВЧ-випромінювання нетеплової інтенсивності на дистильовану воду і фізіологічний розчин величина середніх значень дисперсії шуму диференціальної температури збільшується під час опромінювання, а після дії зменшується, при цьому величина дисперсії стає меншою, ніж в неопроміненому розчині.

Література

1. Тамбиев. А.Х., Кирикова Н.Н., Лапшин О.М., Яковлева М.Н., Мантрова Г.М. Изменение реакционной способности экзометаболитов синезеленой водоросли спироулина под действием ММ излучения. - Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения. - М.: ИРЭ АН СССР, 1987.
2. Лошицкий П.П., Курик М.В., Николов Н.А. Реакция водных растворов на действие низкоинтенсивных физических факторов // Электроника и связь. - 2002, - №16, - С. 80-84.
3. Лошицкий П. П. Терапевтические частоты в КВЧ-терапии // Электроника и связь. - 2002, - №17, - С. 20 -21.
4. Лошицкий П.П., Сизов В.М., Мамаев В.Н., Дроздов Р.В. Физиотерапевтическая аппаратура на основе стохастических электромагнитных колебаний нетепловой интенсивности. Техн. электродинамика, Тем. Выпуск, Киев, 2006.
5. Левин А.И. Теоретические основы электрохимии. - М.: Металлургия, 1972. - 544с.
6. Фурман А. А., Бельды М.П., Соколов И.Н. Поваренная соль. - М.: Химия, 1989. - 272с.
7. Лошицкий П.П., Мамаев В.Н. Исследование теплового воздействия стохастических электромагнитных колебаний крайне высокой частоты низкой интенсивности на физиологический раствор // Электроника и связь. Тематический выпуск "Проблемы электроники". Ч. 2. - 2007. - С.46-50.
8. Искин В.Д., Завгородний Ю.В., Яценко Н.М., Силина Л.К., Степула Е.В., Медведевский А.В., Райс Б.Г., Руденко С.В. Биологические эффекты миллиметровых волн. - Биофизика, 1987. Препринт №7591-В87.
9. Орябинская Л. Б., Лошицкий П. П., Мосиенко В. С., Орловский А. А., Полищук В.Ю. Структурированная вода и ее роль в функционировании биологических систем // Электроника и связь. - 1999. - Т.1. - №6. - С.183-189.
10. Милуков В. В. Структура одно атомных жидкостей, воды и водных растворов электролитов. - М.: Наука. 1976. - 256 с.
11. Романов А.Н. Влияние массовой концентрации минеральных солей на диэлектрические характеристики их водных растворов в микроволновом диапазоне // Радиотехника и электроника. - 2004. - Т.49. - №10. - С. 1235-1242.
12. Засецкий А.Ю., Лилеев А. С., Лященко А.К Диэлектрические свойства водных растворов NaCl в СВЧ-диапазоне / Журнал неорганической химии. - 1994. - Т.39, №6 - С. 1035-1040.
13. Лященко А. К., Новскова Т. А., Лилеев А. С., Засецкий А.Ю. Гайдук В.И. Вращательное движение молекул воды в гидратных оболочках ионов и широкополосные диэлектрические спектры растворов электролитов // Журнал физической химии. - 1993. - Т.67, №8. - С. 1615-1622.
14. Либерман Б.М., Гайдук В.И. Расчет диэлектрических и излучательных спектров водных растворов электролитов в широком диапазоне длин волн. Гибридная модель // Радиотехника и электроника. - 1999. - Т.44, №1. - С. 97-103.
15. Шапошник В.А. Кинетическая теория водных растворов электролитов. // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. - 2003. - №2. - С. 81-85.
16. Буленков Н.А. О возможной роли гидратации как ведущего интеграционного фактора в организации биосистем на разных уровнях иерархии. // Биофизика. - 1991. - Т.36. - вып.2. - С. 181-243.
- Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Статистическая физика. - М.: Наука. - 1964. - 567с.